

第 VII 部門 深層学習を用いた衛星夜間光データによる物質ストックの推計に関する基礎的検討

名古屋大学工学部 学生会員 ○齋藤隆成

名古屋大学大学院環境学研究科 学生会員 西尾文吾 正会員 奥岡桂次郎, 谷川寛樹

1. はじめに

近年の先進国の発展は、大量の資源投入・蓄積・廃棄に依存しており、今後の発展途上国の経済成長や人口増加による資源投入が懸念される。資源の有限性に直面した現在、資源の投入量および廃棄量を抑制し、蓄積した物質を長期にわたり有効活用できるストック型社会の構築が、持続可能性を支えるために必要な手段の一つである。過去の人間活動により蓄積された物質資源の分布とその動態を明らかにすることが重要となる。開発途上国では統計データを始め、物質ストック・フローに関するデータが少なく、世界全体で統一の空間分布が把握できるリモートセンシングによる情報の収集が期待されている。

黒田ら(2014)¹⁾は、全球で入手可能なリモートセンシングデータである衛星夜間光データ DMSP-OLS Nighttime light data(以下 NTL)による観測データを用いて建物延床面積の推計モデルの開発を行った。土地被覆を用いて都市域と非都市域とに分類し、30 秒メッシュにおけるリモートセンシングデータと建物延床面積の値を対象に回帰分析を行い、推計モデルを開発したが、対象地域の地形や経済状況など画像からは読み取れない多くの背景を詳細に考慮されていない。

近年、衛星観測データの新しい分析手法として深層学習が取り入れられており、中でも画像認識分野においては Convolutional Neural Network(以下 CNN)が最も顕著な成果を認められている²⁾。Web of science によると、数ある CNN を用いたリモートセンシングデータ分析の中でも NTL 分析に関する既往の研究は限りなく少なく(図-1 参照)、新たな適用手法を模索する必要がある。CNN を用いることによって地表観測データに含まれる詳細な法則を導き出し、分類の精度を高めることが期待される。

本研究では、CNN を用いた画像認識に関する既往研究のレビュー調査を行い、CNN を用いて NTL データから建築物やインフラといった都市構造物ストックの分布を推定する可能性について検討を行った。

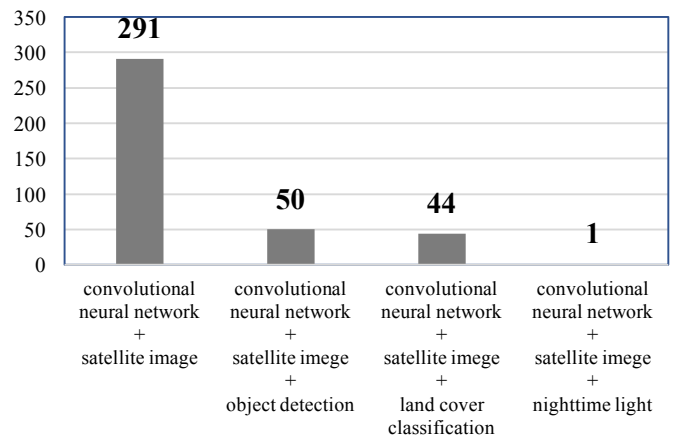


図-1 Web of science における検索キーワードと論文件数

2. 分析手法の整理

近年、データ分析モデル作成の手法として機械学習を用いることがある。機械学習は人間が自然に行っている学習能力と同様の機能をコンピューターで実現する手法である。学習の過程では大量のデータと分類ラベルを対象に解析を行い、両者に内在する有用な規則を導き出し新たな入力データの識別を可能とするモデルを構築する。機械学習の技法の中でも特に注目されているのが人間の脳神経回路の情報伝達システムを模して作られたニューラルネットワークである。ニューラルネットワークは通常何層にも分かれて各層ごとに異なる種類の解析を行っているが、層の中での分岐やループを用いて層の数を比較的多くすることによってより高度な解析を可能としたものを深層学習(Deep Learning)という。深層学習の中でも画像認識を対象として最も用いられている手法が人間の視覚野をモデルとした、CNN(Convolutional Neural Network)である。CNN は畳みこみという画像の特長を抽出する作業を行う層とプーリングという特長をまとめ上げる層を何回も繰り返して重ねられた多層ニューラルネットワークである。二種の層によって画像が特徴をまとめ上げられてデータが圧縮され、最終的に識別層によって分類される。

3. 調査結果

3.1 CNN を用いた地物認識

中村ら(2016)³⁾では CNN を用いて衛星画像上の特定の物体の存在を認識させた。Landsat 画像データを 16×16[pixel]のセルに分割してセル単位で学習を行い、衛星画像に対してメガソーラーが存在するかどうかの2値分類を行った。学習過程での解析最小単位が従来の地物認識⁴⁾のような画素ではなくセルで行ったため教師データ作成のコストと学習時間を大幅に削減されている。

3.2 CNN を用いた土地被覆分類

伊東ら(2016)⁵⁾は CNN を用いて土地被覆分類モデルを作成した。福岡県周辺の衛星画像と正解ラベルとして解像度の異なる2種類の土地被覆分類図を用いて学習を行い、日本各地における土地被覆分類モデルを作成し、識別率を評価した。結果として、高解像度土地被覆分類データを学習用データとした時の土地被覆分類モデルはモデル作成前の低解像度データよりも正確性は高かったが実用基準には達していなかった。この結果に対して学習用データの正解ラベルの正確性を高めることを提案している。

3.3 CNN を用いた夜間光分析の検討

CNN を用いて衛星夜間光分析を行い、建築物およびインフラの分布を推定し、総物質量を推定する手法を検討する。既往の研究と同様に衛星写真を分析し、建物の存在を示す地物認識や被覆分類を行うだけでは二次元的な建物の分布は得られるものの建物の高さが考慮されておらず、最終的に物質の総量は得られない。一方で夜間光強度と建物延床面積には線形近似関係があることがわかっている¹⁾。全球に対して一様に得られる衛星夜間光データから建物の延床面積を求められると、原単位法を用いて建設物の物質量を求めることが出来る。建物延床面積を求める従来の手法¹⁾では衛星夜間光データと既存の建物延床面積の値を回帰分析することで推計モデルを構築していた。夜間光強度の分布データと建物延床面積の値を学習用データとして CNN を用いた夜間光分析を行うことによって全球の建物延床面積をより単純な作業でより正確に求められる可能性が期待される。衛星夜間光画像の最少単位である画素に示される光の強度は単純に範囲内にある建物から発せられている光のみではなく範囲外から発せられて

いる光の影響も受けている。解析を行う最少単位は画素毎ではなく複数のセルに対して行うことが適している。

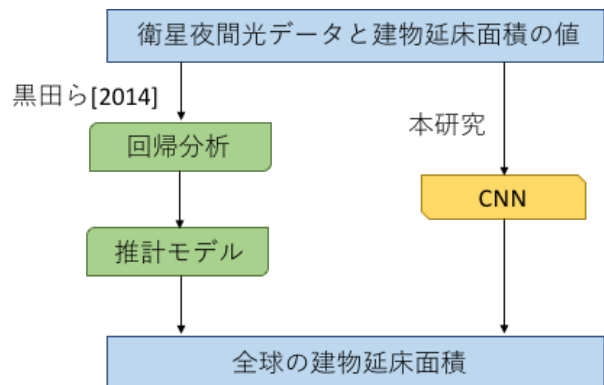


図-2 建物延床面積を求める二種類の手法

4. おわりに

本研究では画像分類に CNN が用いられている既往研究を調査し、その有効性を確認し、効率化や性能の向上の手法をまとめた。CNN では物体認識としては実用的ではあるものの土地の詳細な被覆分類に関してはデータの不備によってまだ開発途上であることがわかった。精度の高い分類を行うためには学習データの充実とその詳細性が必要となる。衛星画像分析においては正解ラベルが高解像度で正確性の高いデータを入手する必要がある。また、夜間光分析の手法として CNN を用いる可能性を検討した。CNN を用いた夜間光分析の手法は従来よりも効率が良く、より正確な全球に対する建物延床面積の推定値が得られると期待される。

謝辞：本研究は、環境省・環境研究総合推進費(2-1711)、環境研究総合推進費補助金(3K163011)、環境省第 IV 期 環境経済の政策研究「わが国に蓄積されている資源のストックに関する調査・検討」の支援によって実施された。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 黒田将平, 杉本賢二, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: 衛星夜間光と合成開口レーダを用いた建物延床面積の推計モデルの開発, 土木学会論文集 G (環境), pp.97-106, 2014
- 2) 中山英樹: 深層畳み込みニューラルネットワークによる画像特徴抽出と転移学習, 電子情報通信学会技術研究報告 Vol.115 No146, pp.55-59, 2015
- 3) 中村良介, 石井智大, 野里博和, 坂無英徳, シモセラ・エドガー, 望月義彦, 飯塚里志, 石川博, 産業技術総合研究所, 早稲田大学: 地球観測衛星画像上の地物自動認識, 人工知能学会全国大会論文集 2016 年度人工知能学会全国大会 (第 30 回) 論文, pp.1B24-1B24, 2016
- 4) 藤田藍斗, 今泉友之, 彦坂修平: CNN を用いた高空間解像度衛星画像からの地物抽出, 人工知能学会全国大会論文集 2016 年度人工知能学会全国大会 (第 30 回) 論文集, pp.1B24-1B24, 2016
- 5) 伊東里保, 飯野翔太, 藤田藍斗, 今泉友之, 彦坂修平: ディープラーニングを適用した衛星画像からの土地被覆分類手法の評価, 人工知能学会全国大会論文集 2016 年度人工知能学会全国大会 (第 30 回) 論文集, pp.4L11-4L11, 2016